

Caracterização de Emulsão de Goma de Cajueiro Modificada Quimicamente para o Microencapsulamento de D-limoneno



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agroindústria Tropical
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 132

Caracterização de Emulsão de Goma de Cajueiro Modificada Quimicamente para o Microencapsulamento de D-limoneno

*Bruna Castro Porto
Roselayne Ferro Furtado
Marcelo Cristianini*

Embrapa Agroindústria Tropical
Fortaleza, CE
2017

Unidade responsável pelo conteúdo e edição:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita 2270, Pici
CEP 60511-110 Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109
www.embrapa.br/agroindustria-tropical
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente: *Gustavo Adolfo Saavedra Pinto*

Secretária-executiva: *Celli Rodrigues Muniz*

Secretária-administrativa: *Eveline de Castro Menezes*

Membros: *Janice Ribeiro Lima, Marlos Alves Bezerra, Luiz Augusto Lopes Serrano,
Marlon Vagner Valentim Martins, Guilherme Julião Zocolo, Rita de Cássia
Costa Cid, Eliana Sousa Ximendes*

Supervisão editorial: *Ana Elisa Galvão Sidrim*

Revisão de texto: *Marcos Antônio Nakayama*

Normalização: *Rita de Cassia Costa Cid*

Foto da capa: *Claudio de Norões*

Editoração eletrônica: *Arilo Nobre de Oliveira*

1ª edição

On-line (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agroindústria Tropical

Porto, Bruna Castro.

Caracterização de emulsão de goma de cajueiro modificada quimicamente para o microencapsulamento de D-limoneno / Bruna Castro Porto, Roselayne Ferro Furtado, Marcelo Cristianini. – Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017.

20 p. : il. ; 14,8 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Agroindústria Tropical, ISSN 1679-6543; 132).

Publicação disponibilizada on-line no formato PDF.

1. *Anacardium occidentale* L. 2. Capacidade emulsificante. 3. Encapsulamento. 4. Óleo essencial. I. Furtado, Roselayne Ferro. II. Cristianini, Marcelo. III. Título. IV. Série.

CDD 634.573

Sumário

Resumo	4
Abstract.....	6
Introdução.....	7
Material e Métodos.....	8
Resultados e Discussão.....	11
Conclusão	17
Referências	18

Caracterização de Emulsão de Goma de Cajueiro Modificada Quimicamente para o Microencapsulamento de D-limoneno

*Bruna Castro Porto*¹

*Roselayne Ferro Furtado*²

*Marcelo Cristianini*³

Resumo

A goma de cajueiro pode ser modificada a fim de gerar novas características desejáveis para aplicações específicas. No caso de métodos de encapsulamento, modificações químicas de polissacarídeos podem favorecer a retenção do ingrediente ativo na matriz polimérica. Nesse sentido, o presente estudo teve o objetivo de caracterizar emulsão de D-limoneno e goma de cajueiro submetida à reticulação química com trimetafosfato de sódio e, subsequentemente, avaliar a eficiência de encapsulamento após a atomização. Análise de estabilidade, tamanho e distribuição de partícula, potencial zeta e condutividade elétrica foram realizados na emulsão antes da etapa de atomização. A eficiência de encapsulamento foi relacionada às características da emulsão preparada. Verificou-se que a instabilidade e o tamanho das gotas da emulsão resultaram em baixa eficiência no encapsulamento do óleo essencial. Medidas que aumentem as

¹ Engenheira de alimentos, doutoranda em Tecnologia de alimentos, professora do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Salinas, MG, portocbruna@gmail.com

² Bióloga, doutora em Biotecnologia, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, roselayne.furtado@embrapa.br

³ Engenheiro de alimentos, doutor em Ciência de alimentos, professor da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, macristianini@gmail.com

propriedades emulsificantes da goma de cajueiro modificada poderiam melhorar também a eficiência no encapsulamento do óleo essencial.

Termos para indexação: Polissacarídeo, modificação, óleo essencial, encapsulamento, capacidade emulsificante.

Characterization of Emulsion of Chemically Modified Cashew Gum for Microencapsulation of D-Limonene

Abstract

Cashew gum can be modified in order to generate novel desirable characteristics for specific applications. In the case of encapsulation methods, chemical modifications of polysaccharides may promote a better retention of the active ingredient in the polymeric matrix. In this sense, the study aimed to characterize a D-limonene and cashew gum emulsion submitted to chemical cross-linking with sodium trimetaphosphate (STMP) and to evaluate the encapsulation efficiency after spray drying. Emulsion stability, particle size and distribution, zeta potential and conductivity were determined in the emulsion before spray drying. The encapsulation efficiency was related to the characteristics of the prepared emulsion. The instability and droplet size of the emulsion resulted in low encapsulation efficiency of the essential oil. Some measures to increase the emulsifying properties of modified cashew gum could also improve the effectiveness of essential oil encapsulation.

Index terms: Polysaccharide, modification, essential oil, encapsulation, emulsifying capacity.

Introdução

A goma do cajueiro é um coproduto do agronegócio do caju com potencial de aplicação industrial; entretanto, ainda não é explorada sob o ponto de vista comercial. Esse polissacarídeo pode ser modificado de forma a melhorar características intrínsecas como diminuição da hidrofobicidade e hidrossolubilidade, que não são desejáveis para determinados produtos industriais.

O método de reticulação ou *cross-linking* consiste em fazer uso de agentes reticulantes com o objetivo de modificar características de polímeros por meio da formação de redes poliméricas. Esse método pode ser de natureza: a) química, quando substâncias químicas estabelecem ligações covalentes com o material a ser reticulado (ex.: glutaraldeído, ácido bórico, trimetafosfato de sódio – TMP), b) física, quando são usados agentes complexantes (titânio, alumínio, manganês e cobre), c) radiação por raios γ , feixe de elétrons e luz ultravioleta (UV) como agentes reticulantes (PEREIRA, 1997). Particularmente, a reticulação química é um método de modificação química indicada para polissacarídeos, e, a depender do agente reticulante usado, pode resultar em material biocompatível e biodegradável (BALAKRISHNAN; JAYAKRISHNAN, 2005). Para o presente estudo, foi avaliada a reticulação química com trimetafosfato de sódio (TMP), o qual é um agente reticulante reconhecido como seguro para o consumo humano e utilizado na modificação de amido (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2013).

Reticulação pode ser aplicada a processo de produção de microcápsulas no intuito de melhorar a eficiência de encapsulamento e de retenção de compostos encapsulados (CHO et al., 2003; ALVIM; GROSSO, 2010). Encapsulamento é um método que vem sendo bastante utilizado nas mais variadas aplicações como, por exemplo, na proteção de substâncias instáveis a fatores ambientais, proteção de microrganismos probióticos à passagem pelo trato gastrointestinal, liberação controlada de aromas, etc. As técnicas de encapsulamento mais conhecidas são *spray-drying* (atomização), *spray-cooling*, *spray-chilling*, coacervação

complexa, gelificação iônica, extrusão e leiteo fluidizado. No encapsulamento por atomização, a obtenção das cápsulas consiste basicamente em pulverizar uma emulsão óleo em água para dentro de uma câmara de secagem, produzindo as cápsulas secas na forma de pó. A atomização se caracteriza como um método barato, com microcápsulas de distribuição heterogênea e formato característico de “bola murcha”. Esta técnica de microencapsulamento é usada na indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia, principalmente como forma de produção de pós secos.

Óleos essenciais são substâncias voláteis, produzidas por plantas e de interesse para a indústria de cosméticos devido às propriedades aromáticas. Além disso, propriedades biológicas são atribuídas a muitos desses óleos e têm despertado a atenção de indústrias farmacêuticas e de inseticidas. Suas características podem ser mais bem preservadas em um produto se o óleo essencial estiver retido dentro de cápsulas. No presente trabalho, foi utilizado D-limoneno, principal componente de alguns óleos essenciais, como exemplo de substância bioativa e núcleo das microcápsulas.

Este estudo teve o objetivo de caracterizar emulsão de D-limoneno e goma de cajueiro submetida à reticulação química com TMP e, subsequentemente, avaliar a eficiência de encapsulamento após atomização.

Material e Métodos

Obtenção do polissacarídeo

O exsudato foi coletado de plantas de cajueiro do Campo Experimental de Pacajus da Embrapa Agroindústria Tropical. A goma foi armazenada para os procedimentos de purificação por meio de secagem, dissoluções em água a partir de 100 g L⁻¹ do exsudato e uma precipitação com etanol conforme descrição de Porto et al. (2015).

Preparo da emulsão

A emulsão foi preparada de acordo com metodologia de Ribeiro et al. (2015) com algumas adaptações. Solução de goma de cajueiro 20%

(m/m) foi preparada e homogeneizada em rotor-estator a 20.000 rpm por 1 minuto. Em seguida, foi adicionada de trimetafosfato de sódio 6% (m/m) e de D-limoneno 5% (m/m) sob agitação mecânica a temperatura ambiente. O pH da emulsão foi corrigido para 12 com solução de NaOH, 2 M e a emulsão foi mantida sob agitação por 15 minutos. Por fim, o pH da emulsão foi corrigido para 7 com solução de HCl 2 M.

Tamanho médio e distribuição de tamanho de partículas das emulsões

O tamanho médio e a distribuição de partículas (DTP) das emulsões foram determinados segundo metodologia de Porto e Cristianini (2014). As medidas foram obtidas com um difratômetro a laser (Mastersize 2000, Malvern Instruments, UK, unidade de amostragem Hydro 2000S). A taxa de agitação foi de 1.750 rpm, e os índices refrativos do dispersante e da fase óleo foram de 1,33 e 1,47, respectivamente. As emulsões foram adicionadas vagarosamente em água destilada com o auxílio de uma pipeta Pasteur. Para as medidas de tamanho médio, foram obtidos os valores de $D_{3,2}$ (Equação 1) e $D_{4,3}$ (Equação 2) (ROESCH; CORREDIG, 2003; KOOCHKEI; KADKHODAEI, 2011). Entende-se por $D_{4,3}$ como sendo o diâmetro médio baseado no volume das partículas. Por sua vez, $D_{3,2}$ é o diâmetro médio de Sauter, que representa o diâmetro médio baseado na área das partículas.

$$D_{3,2} = \frac{\sum n_i d_i^3}{\sum n_i d_i^2} \quad \text{Eq. 1}$$

$$D_{4,3} = \frac{\sum n_i d_i^4}{\sum n_i d_i^3} \quad \text{Eq. 2}$$

em que n_i é o número de gotículas com diâmetro d_i .

Além disso, o índice de dispersão da emulsão (ID) foi determinado pela Equação 3 (MIRHOSSEINI; AMID, 2012).

$$ID = \frac{(d_{0,9} - d_{0,1})}{d_{0,5}} \quad \text{Eq. 3}$$

Análise de potencial zeta e condutividade elétrica das emulsões

Para as medidas de potencial zeta e condutividade elétrica, foram preparadas soluções de 0,2% (v/v) das emulsões em água destilada. Um mililitro da solução foi colocado em uma cubeta, e as medidas de potencial zeta e condutividade elétrica foram obtidas em um equipamento de microeletroforese (Zetasizer modelo Nano - Z, Malvern Instruments, UK).

Avaliação da estabilidade das emulsões

A avaliação da estabilidade das emulsões foi determinada utilizando método descrito por Demetriades e McClements (2000). Para isso, 10 mL da emulsão foram acondicionados em provetas de vidro (25 mL) a 25 °C por 24 h. Os volumes da fase soro (VS) e da emulsão total (VT) foram obtidos, e o índice de cremeação (IC), determinado pela Equação 4.

$$IC = \frac{V_s}{V_T} \times 100 \quad \text{Eq. 4}$$

Encapsulamento de D-limoneno por reticulação química da goma do cajueiro com trimetafosfato de sódio

Para a obtenção das cápsulas em pó, a emulsão foi atomizada em spray-dryer (Niro A/S, Dinamarca), modelo Minor, atomizador do tipo centrífugo, bico atomizador de 0,5 mm de diâmetro, temperatura do ar de entrada 180 °C, vazão da emulsão de 11 mL/min e temperatura do ar de saída de 100 °C.

Para o cálculo da eficiência de encapsulamento (EE), aproximadamente 5 g das cápsulas foram pesadas em balão volumétrico (500 mL) e destilados em aparato Clevenger por 1 h. O volume de óleo foi obtido por meio de leitura direta no aparato Clevenger. A massa do D-limoneno foi obtida pela multiplicação do volume recuperado com a sua densidade (0,8402 g/mL). A eficiência de encapsulamento (%) foi obtida pela Equação 5.

$$EE (\%) = \frac{\text{Quantidade de óleo recuperado}}{\text{Quantidade de óleo teórico}} \times 100 \quad \text{Eq. 5}$$

A quantidade teórica de óleo foi de 30% da massa total das cápsulas investigadas, considerando a eficiência de encapsulamento ideal.

Microscopia óptica das cápsulas

Para a microscopia óptica das cápsulas, uma gota de silicone foi colocada em uma lâmina de vidro, e uma quantidade tão pequena quanto possível de cápsulas foi inserida sobre o silicone com auxílio de um palito de madeira. Em seguida, uma lamínula de vidro foi colocada sobre a amostra, e a lâmina foi observada em microscópio óptico JENAVAL (Carl Zeiss, Canadá) equipado com câmera de vídeo. As imagens foram capturadas utilizando o Software EDN-2 (Microscopy Image Processing System Software).

Avaliação do tamanho médio e distribuição de tamanho de partículas das cápsulas

O tamanho médio das partículas e sua distribuição de tamanho (DTP) foram determinados pelo espalhamento de luz usando um difratômetro a laser (Mastersizer 2000, Malvern Instruments) com agitação de 1.750 rpm. A amostra foi adicionada vagarosamente em etanol absoluto P.A. (99,5%). O tamanho das partículas foi caracterizado pelo D_{4,3} (Equação 2) e D₅₀ (diâmetro de 50% das cápsulas ponderado por volume), e o ID, determinado pela Equação 3.

Resultados e Discussão

A reticulação química pode conferir maior integridade às paredes das microcápsulas e elevada eficiência de encapsulamento, mesmo utilizando diferentes técnicas de secagem como spray dryer e liofilização (ALVIM; GROSSO, 2010). Contudo, cada condição empregada precisa ser avaliada isoladamente, considerando os diferentes métodos de encapsulamento, natureza da reticulação e compostos envolvidos na formação da microcápsula. Nesse sentido, a eficiência de encapsulamento de D-limoneno a partir de uma matriz de goma de cajueiro modificada com TMP foi avaliada, e observaram-se também as características da emulsão que gerou as cápsulas. Geralmente, existe uma relação positiva entre capacidade emulsificante

e eficiência de encapsulamento. Sendo assim, a emulsão formada antes da etapa de atomização foi caracterizada quanto às propriedades emulsificantes por meio de análises físicas e físico-química.

Avaliação da estabilidade das emulsões

Após o preparo da emulsão, foi identificada instabilidade, sendo o índice de cremeação (IC) de 0,6% considerando o momento de análise imediato ao preparo da solução (0 h). A instabilidade aumentou bastante alcançando quase 50% após 24 h de preparo da emulsão (Tabela 1). Essa instabilidade está associada ao processo de reticulação em que o polissacarídeo tem a solubilidade em meio aquoso reduzida. A instabilidade de uma emulsão pode afetar a eficiência de encapsulamento, haja vista que podem ser geradas microcápsulas com baixa retenção de óleo, óleo mais concentrado na superfície, maiores perdas durante a secagem e maior oxidação do óleo (JAFARI et al., 2007; JAFARI et al., 2008; WANG et al., 2016).

Tabela 1. Índice de cremeação da emulsão de goma de cajueiro reticulada com trimetafosfato de sódio.

Índice de cremeação (%)		
0 h	2 h	24 h
0,56 ± 0,15	33,86 ± 2,95	49,91 ± 2,34

Tamanho médio e distribuição de tamanho de partículas das emulsões

Os tamanhos médios D3,2 e D4,3 e o índice de dispersão das emulsões estão apresentados na Tabela 2. As emulsões preparadas apresentaram valores de D3,2 e D4,3 bastante elevados, 49,6 µm e 66 µm, respectivamente, e isso está relacionado também ao método utilizado para fornecer energia mecânica ao sistema. Sendo assim, neste caso, a agitação mecânica pode não ter sido capaz de produzir gotículas de óleo em tamanho suficientemente reduzido. Para se produzir uma emulsão estável, óleo, água, surfactante e energia são requeridos (TADROS, 2009; MARTIN et al., 2014). A energia

é importante para reduzir o tamanho das gotículas de óleo a uma dimensão suficientemente pequena, aumentando a área superficial destas na emulsão e favorecendo o encapsulamento do óleo (STANG et al., 2001; JAFARI et al., 2008).

Tabela 2. Resultados de tamanho médio, índice de dispersão (ID), potencial zeta e condutividade elétrica das emulsões.

D3,2 (µm)	D4,3 (µm)	ID	Potencial zeta (mV)	Condutividade Elétrica (mS/cm)
49,59 ± 3,11	65,95 ± 4,20	1,38 ± 0,01	-8,15 ± 0,61	0,17 ± 0,01

Quanto ao índice de dispersão (ID) de 1,38 (Tabela 2), esse é um valor encontrado também em emulsões contendo D-limoneno como fase dispersa e goma do cajueiro como material de parede, mas utilizando para emulsificação o homogeneizador rotor-estator, seguido pelo homogeneizador de alta pressão dinâmica (PORTO; CRISTIANINI, 2014). As emulsões reportadas pelos autores tiveram tamanho de partícula inferiores aos encontrados no presente trabalho e também foram estáveis por pelo menos 5 dias.

Potencial zeta e condutividade elétrica das emulsões

Medidas de potencial zeta e condutividade elétrica são indicativas de estabilidade por cargas. Os valores de potencial zeta e condutividade elétrica encontrados na presente emulsão estão apresentados na Tabela 2. Para que uma emulsão seja considerada estável, o potencial zeta deve ser > 25 mV em módulo (REZVANI et al., 2012), e a condutividade elétrica mais próxima de zero (MIRHOSSEINI et al., 2009). Os valores de potencial zeta e condutividade elétrica obtidos foram de -8,15 mV e 0,17 mS/cm, respectivamente, e não foram suficientes para proporcionar uma emulsão estável.

Avaliação do tamanho médio e distribuição de tamanho de partículas das cápsulas

Os valores de D4,3 e D50, o índice de dispersão das cápsulas (ID) e a eficiência de encapsulamento de D-limoneno para as microcápsulas obtidas estão apresentados na Tabela 3.

O valor de D_{4,3} para as microcápsulas (17,5 µm) foi inferior ao D_{4,3} das emulsões (66 µm), o que pode explicar a volatilização do óleo durante o processo de secagem gerando microcápsulas com pouco recheio (baixa EE, Tabela 3), em razão do tamanho das gotículas formadas ainda na emulsão (JAFARI et al., 2007) quando atomizaram emulsões com tamanhos de gotículas de 1,3 µm. Em encapsulamento por atomização, é compreensível e desejável que o tamanho das microcápsulas seja superior ao tamanho das gotículas de óleo da emulsão. Microcápsulas de tamanho inferior ao das gotículas da emulsão não é desejável, pois isso pode significar que houve ruptura da camada interfacial, tornando o óleo mais susceptível a volatilizar ou ficar na superfície, favorecendo sua oxidação.

Tabela 3. Valores de D₅₀, D_{4,3}, índice de dispersão (ID) e eficiência de encapsulamento (EE) de D-limoneno das microcápsulas.

D ₅₀ (µm)	D _{4,3} (µm)	ID	EE de D-limoneno (%)
15,57 ± 0,78	17,45 ± 0,75	1,55 ± 0,09	17,33 ± 6,28

O ID das microcápsulas (1,6) foi superior ao ID das emulsões (1,4), e esse valor está relacionado à variação característica do próprio método de encapsulamento por atomização.

Eficiência de encapsulamento de D-limoneno

A concentração do agente reticulante adotada neste trabalho para modificação química da goma de cajueiro e encapsulamento do óleo essencial foi estabelecida com base em estudos prévios realizados (FURTADO et al., 2012; RIBEIRO et al., 2015), que indicaram ser esta a concentração mínima para uma eficiente modificação da goma de cajueiro. Concentrações de sólidos solúveis entre 10% e 30% são geralmente utilizados em experimentos de encapsulamento por atomização (CARMONA, 2011; FRASCARELI et al., 2012).

A eficiência de encapsulamento é definida como o percentual de ingrediente ativo adicionado ao sistema e efetivamente retido dentro

das cápsulas (McCLEMENTS, 2015). Durante o processo de secagem, grandes perdas de voláteis podem ocorrer, principalmente, se o processo de emulsificação não for eficiente na deformação e quebras das gotas e também na estabilização da interface óleo-água de forma a não permitir a agregação das partículas formadas. Isso porque maiores gotas na emulsão resultam em maior tempo para a formação do filme em volta do núcleo, maior perda do núcleo volátil e também maior percentual de óleo superficial. Além disso, partículas maiores tendem a ter maior enrugamento da superfície que partículas menores, contribuindo no aumento da área superficial e na retenção de óleo superficial (SOOTTITANTAWAT et al., 2003; JAFARI et al., 2008).

A eficiência de encapsulamento de D-limoneno calculada para a metodologia utilizada foi de 17,3%, valor considerado baixo e ineficiente. Os baixos valores encontrados podem ser explicados pela instabilidade e o elevado tamanho de gotículas da emulsão atomizada. Emulsões instáveis e de tamanho de partícula elevado geram microcápsulas com baixa retenção de recheio, já que, durante a atomização, as gotículas de óleo ficam sem a devida proteção e volatilizam (JAFARI et al., 2007).

Sendo assim, a metodologia utilizada envolvendo goma de cajueiro reticulada com TMP não encapsulou eficientemente o óleo essencial nas condições estudadas. Contrariamente, em trabalho de Mariano et al. (2015) com corantes catiônicos e aniônicos, foi observado que a natureza da substância núcleo catiônica foi determinante para uma melhor eficiência de encapsulamento e retenção utilizando goma de cajueiro modificada com TMP. Possivelmente maior interação da substância núcleo ocorreu em razão das cargas opostas da matriz polimérica.

Microscopia óptica das cápsulas

As imagens das microcápsulas obtidas por microscopia óptica estão apresentadas na Figura 1. As microcápsulas obtidas apresentaram características de cápsulas obtidas por *spra-drying* “bola murcha” (presença de partes amassadas e encolhidas). Também se observaram

algumas cápsulas quebradas (Figura 1A). Os pontos pretos presentes são, possivelmente, bolhas de ar (Figura 1B) incorporadas durante a mistura das cápsulas com o silicone utilizado na obtenção das imagens.

O fato de as gotas de óleo da emulsão serem superiores ao tamanho das microcápsulas produzidas pode ter provocado a quebra da gota de óleo ao passar pelo bico atomizador, ficando o óleo desprotegido na câmara de secagem. Isso decorre em volatilização e baixa eficiência de encapsulamento do princípio ativo. Sendo assim, melhoria das propriedades emulsificantes por meio do uso de emulsificantes adicionais e/ou de técnicas de maior energia mecânica, para obtenção de gotículas de óleo com menor tamanho, poderiam ser investigados no intuito de aumentar a eficiência do encapsulamento utilizando esta metodologia.



Figura 1. Imagens obtidas por microscopia óptica de microcápsulas de D-limoneno utilizando goma de cajueiro modificada com TMP 6% como matriz.

Fonte: Bruna Castro Porto.

Conclusão

A goma de cajueiro modificada com TMP não encapsula eficientemente o óleo essencial nas condições avaliadas. Possivelmente, a instabilidade e o tamanho das gotas da emulsão nas condições testadas reduzem a eficiência de encapsulamento na atomização. Medidas que melhorem as propriedades emulsificantes poderiam aumentar também a eficiência no encapsulamento do óleo essencial a partir de goma de cajueiro modificada.

Referências

ALVIM, I. D.; GROSSO, C. R. F. Microparticles obtained by complex coacervation: influence of the type of reticulation and the drying process on the release of the core material. **Science and Food Technology**, v.30, n. 4, p.1069-1076, 2010.

BALAKRISHNAN, B.; JAYAKRISHNAN, A. Self-cross-linking biopolymers as injectable in situ forming biodegradable scaffolds. **Biomaterials**, v. 26, p. 3941-3951, 2005.

CARMONA, P. A. O. **Secagem por atomização e microencapsulação de óleo de laranja: estudo das propriedades da emulsão e do tipo de material de parede sobre as características do pó e a estabilidade de D-limoneno**. 2011. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas.

CHO, Y.-H.; SHIM, H. K.; PARK, J. Encapsulation of fish oil by an enzymatic gelation process using transglutaminase cross-linked proteins. **Journal of food Science**. v. 68, n. 9, p. 2717-2723, 2003.

DEMETRIADES, K.; MCCLEMENTS, D. J. Influence of sodium dodecyl sulfate on the physico-chemical properties of whey protein-stabilized emulsions. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 161, p. 391-400, 2000.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Alphabetical List of SCOGS substances**. Disponível em: <<http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/GRAS/SCOGS/ucm084104.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2014.

FRASCARELI E. C.; SILVA V. M.; TONON, R. V.; HUBINGER, M. D. Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, p. 413-424, 2012.

FURTADO, R. F.; RIBEIRO, F. W. M.; MENDES, L. G.; MARIANO, A. C. M.; ALVES, C. R.; BASTOS, M. do S. R.; COSTA, J. M. C. da. **Modificação química de goma de cajueiro**: novas características e potencialidades de aplicações. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 88). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/106278/1/BPD13015.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2014.

JAFARI, S. M.; ASSADPOOR, E.; HE, Y.; BHANDARI, B. Re-coalescence of emulsion droplets during high-energy emulsification. **Food Hydrocolloids**, v. 22, p. 119-120, 2008.

JAFARI, S. M.; HE, Y.; BHANDARI, B. Role of powder particle size on the encapsulation efficiency of oils during spray drying. **Drying Technology**, v. 25, p. 1091-1099, 2007.

KOOCHKEI, A.; KADKHODAEI, R. Effect of Alyssum homolocarpum seed gum, Tween 80 and NaCl on droplets characteristics, flow properties and physical stability of ultrasonically prepared corn oil-in-water emulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1149-1157, 2011.

MARIANO, A. C. M.; MENDES, L. G.; ALVES, C. R. Encapsulamento de corantes alimentícios pela técnica de liofilização utilizando goma de cajueiro modificada. Encapsulamento de corantes alimentícios pela técnica de liofilização utilizando goma de cajueiro modificada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS, 13., 2015, Natal. **Anais...** Natal: Associação Brasileira de Polímeros, 2015.

MARTIN, J. A.; MUELLEN, C. A.; BOATENG, A. A. Maximizing the stability of pyrolysis oil/diesel fuel emulsions. **Energy Fuels**, v. 28, n. 9, p. 5918-5929, 2014.

MCCLEMENTS, D. J. **Nanoparticle and microparticle based delivery systems encapsulation, protection and release of active compounds**. Boca Raton: CRC, 2015. 572 p.

MIRHOSSEINI, H.; AMID, B. T. Influence of chemical extraction conditions on the physicochemical and functional properties of polysaccharide gum from durian (*Durio zibethinus*) seed. **Molecules**, v. 17, p. 6465-6480, 2012.

MIRHOSSEINI, H.; TAN, C. P.; HAMID, N. S. A.; YUSOF, S.; CHERN, B. H. Characterization of the influence of main emulsion components on the physicochemical properties of orange beverage emulsion using response surface methodology. **Food Hydrocolloids**, v. 23, p. 271-280, 2009.

PEREIRA, B. M. **Hidrogéis de poli (álcool vinílico)**: efeito da densidade de reticulação e da natureza química do reticulante sobre a liberação controlada de compostos iônicos. 1997. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PORTO, B. C.; AUGUSTO, P. E. D.; CRISTIANINI, M. A. Comparative study between

technological properties of cashew tree gum and arabic gum. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 23, n. 3, p. 392-399, 2015.

PORTO, B. C.; CRISTIANINI, M. Evaluation of cashew tree gum (*Anacardium occidentale* L.) emulsifying properties. **LWT – Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, p. 1325-1331, 2014.

REZVANI, E.; SCHLEINING, G.; TAHERIAN, A. R. Assessment of physical and mechanical properties of orange oil-in-water beverage emulsions using response surface methodology. **LWT-Food Science and Technology**, v. 48, p. 82-88, 2012.

RIBEIRO, F. W. M.; LAURENTINO, L. S. ; ALVES, C. R. ; BASTOS, M. S. R. ; COSTA, J. M. C. da; CANUTO, K. M. Chemical modification of gum arabic and its application in the encapsulation of essential oil. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 132, n. 8, p. 41159, 2015.

ROESCH, R. R.; CORREDIG, M. Texture and microstructure of emulsions prepared with soy protein concentrate by high pressure homogenization. **LWT – Food Science and Technology**, v. 36, p. 113-124, 2003.

SOOTTITANTAWAT, A.; YOSHI, H.; OHKAWARA, M.; LINKO, P. Microencapsulation by spray-drying: influence of emulsion size on the retention of volatile compounds. **Food Engineering and Physical Properties**. v. 68, n. 7, p. 2256-2262, 2003.

STANG, M.; SCHUCHMANN, H.; SCHUBERT, H. Emulsification in high-pressure homogenizers. **Engineering in Life Sciences**, v. 1, p. 151-157, 2001.

TADROS, T. F. Emulsion science and technology: A general introduction. In: TADROS, T. F. **Emulsion science and technology**, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009.

WANG, Y.; LIU, W.; CHEN, X. D.; SELOMULYA, C. Micro-encapsulation and stabilization of DHA containing fish oil in protein-based emulsion through mono-disperse droplet spray dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 175, p. 74-84. 2016.



Agroindústria Tropical



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

